



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2011

Herzkatheterinterventionen bei angeborenen Herzfehlern

Navarini, S ; Knirsch, W ; Kretschmar, O

Abstract: Herzkatheteruntersuchungen beim Kind haben in den letzten Jahren einen enormen Wandel erfahren. Früher handelte es sich um rein diagnostische Untersuchungen, heute sind es vorwiegend interventionelle Eingriffe mit der Möglichkeit einer nicht operativen Therapie. Heute macht der Anteil an Interventionen bei angeborenen Herzfehlern zirka zwei Drittel der durchgeführten Herzkatheteruntersuchungen aus. Aufgrund der geringen Invasivität im Vergleich zur Operation können die Patienten meistens bereits nach 1 bis 2 Tagen nach Hause entlassen werden.

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-53087>

Journal Article

Published Version

Originally published at:

Navarini, S; Knirsch, W; Kretschmar, O (2011). Herzkatheterinterventionen bei angeborenen Herzfehlern. Pädiatrie, (3):30-34.

Herzkatheterinterventionen bei angeborenen Herzfehlern

Herzkatheteruntersuchungen beim Kind haben in den letzten Jahren einen enormen Wandel erfahren. Früher handelte es sich um rein diagnostische Untersuchungen, heute sind es vorwiegend interventionelle Eingriffe mit der Möglichkeit einer nicht operativen Therapie. Heute macht der Anteil an Interventionen bei angeborenen Herzfehlern zirka zwei Drittel der durchgeführten Herzkatheteruntersuchungen aus. Aufgrund der geringen Invasivität im Vergleich zur Operation können die Patienten meistens bereits nach 1 bis 2 Tagen nach Hause entlassen werden.

Von Susanne Navarini, Walter Knirsch und Oliver Kretschmar

Um Herzkatheterinterventionen bereits bei kleinen Kindern und Säuglingen durchführen zu können, sind die Katheter und Interventionssysteme immer schlanker geworden. Im Säuglingsalter können diagnostische Herzkatheter über eine 3-French-Schleuse (1 French = 0,33 mm) und Interventionen bereits über eine 4-French-Schleuse durchgeführt werden. Als Zugangsweg dienen meistens die Femoralgefässe (Arterie oder/und Vene). Seltener wählt man einen Zugang über die Vena jugularis, Vena subclavia sowie über die Nabelgefässe und die Arteria brachialis sowie die Arteria radialis. Wichtig ist eine schonende Gefässpunktion, in schwierigen Fällen mit Ultraschallkontrolle, und eine möglichst kurze Intervention, um die kleinen Gefässe zu schonen. Zudem wird während der Intervention Heparin verabreicht und nach der Intervention 2 bis 3 Dosen eines niedermolekularen Heparins zur Vermeidung von Gefässverschlüssen. Des Weiteren legen wir grossen Wert auf eine schonende Kompression der Punktionsstelle nach Entfernung der Schleusen. In unserer Klinik werden Herzkatheterinterventionen bei kleinen Kindern in Intubationsnarkose durchgeführt.

Herzkatheterinterventionen bei Kindern sind in unserer Klinik vor allem Verschlüsse (ca. 45%), Dilatationen (ca. 35%) und Stentimplantationen (ca. 15%).

Persistierender Ductus arteriosus Botalli

Der interventionelle Verschluss des persistierenden Ductus arteriosus Botalli (PDA) ist inzwischen ein etabliertes Verfahren und bei Kindern mit einem Körpergewicht von mehr als 5 kg meist Therapie der ersten Wahl. Lediglich bei kleinen Frühgeborenen ist der operative Verschluss via Thorakotomie indiziert, aufgrund der anatomischen Grösse der Gefässe sowie der guten Möglichkeit eines operativen Verschlusses im Inkubator auf der Neonatologie. Zum interventionellen Verschluss stehen verschiedene Metallspiralen (Coils) oder eine Art Gefässpropf aus einem Nitinol-drahtgeflecht (Amplatzer Duct Occluder™) zur Verfügung (Abbildung 1).

Bei kleinem PDA (< 2 mm Durchmesser) werden Coils in die engste Stelle des Ductus platziert, die dadurch stattfindende Thrombosierung führt zu einem kompletten Verschluss des Gefässes. Bei grösserem Ductus (> 2 mm Durchmesser) wird meist der Amplatzer Duct Occluder™ bevorzugt. Der Zugang kann von venöser Seite über die Pulmonalarterie in den Ductus erfolgen oder von arterieller Seite über die Aorta in den Ductus. Komplikationen sind glücklicherweise sehr selten und beinhalten wie bei allen Implantationen die mögliche Embolisation des Devices.

Vorhofseptumdefekt (ASD)

Der interventionelle Verschluss des Vorhofseptumdefekts vom Sekundumtyp (ASD II) ist mittlerweile Therapie der Wahl und ein etablierter Routineeingriff. Zirka 85 Prozent aller ASD können heute katheterinterventionell verschlossen werden. Es stehen mehrere Okkluder zur Verfügung. Ihnen gemeinsam ist ein selbstzentrierender Doppelschirm in unterschiedlicher Grösse (Abbildung 2). Die Doppelschirme sind elastisch und werden ausserhalb des Körpers kom-



Abbildung 1: Coils der Firma Cook (links) in verschiedenen Grössen, mit «Haaren» zur Erhöhung der Thrombogenität des Implantats sowie Amplatzer Duct Occluder™ (rechts) zum interventionellen Verschluss eines PDA.

plett gestreckt, sodass sie in eine möglichst kleine Implantationsschleuse passen. Im ASD II werden die Schirme aus der Schleuse entwickelt und zentrieren sich im Defekt von selbst (Abbildung 3).

Es besteht eine grosse therapeutische Breite mit der Möglichkeit zum Verschluss von Defekten bis maximal 40 mm. Die heutigen Erfolgsraten eines solchen Verschlusses liegen bei über 97 Prozent (1). Am Kinderspital Zürich werden die meisten Defektverschlüsse ohne Durchleuchtung und unter alleiniger transösophagealer echokardiografischer Kontrolle durchgeführt, was eine Vermeidung der Strahlenbelastung für die Patienten bedeutet. Die Langzeitergebnisse nach über 10 Jahren sind hervorragend. Die bereits eingesetzten Okkluder liegen stabil, und es sind keine relevanten unerwünschten Nebenwirkungen wie Rekanalisierung und Allergien aufgetreten.

Ventrikelseptumdefekt

Der isolierte Ventrikelseptumdefekt (VSD) ist der häufigste angeborene Herzfehler. Grosse, nicht restriktive Defekte müssen meistens aufgrund der Volumenbelastung sowie der Entwicklung einer pulmonalen Hypertension in den ersten 6 Lebensmonaten operativ verschlossen werden. Kleine Ventrikelseptumdefekte ohne hämodynamische Relevanz bedürfen keiner Therapie, und es kann bei Druckrestriktion über den VSD ein Spontanverschluss abgewartet werden. Kleine bis mittelgrosse perimembranöse VSD können bei ausreichendem Abstand zur Aortenklappe auch katheterinterventionell verschlossen werden (2). Dazu stehen der asymmetrisch konfigurierte Amplatzer Membranous VSD Occluder™ (Abbildung 2 und 4) oder andere Doppelspiralsysteme zur Verfügung. Für den interventionellen Verschluss muskulärer VSD existieren zusätzlich spezifische Muscular VSD Occluder. Eine seltene, aber gefürchtete Komplikation ist ein kompletter AV-Block als Folge des mechanischen Drucks auf das Reizleitungssystem und/oder Entzündungsreaktionen und Narbenbildung durch das Device. Je näher der VSD am Reizleitungssystem liegt, desto grösser ist das Risiko eines kompletten AV-Blocks nach der Intervention. Es handelt sich aber insgesamt um eine seltene Nebenwirkung in etwa 1 bis 4 Prozent der Fälle (3).

Als Alternative zur Operation oder alleinigen Intervention besteht heute die Möglichkeit der Kombination von Chirurgie und Intervention im Sinne eines sogenannten Hybrideingriffs. Hierbei wird unter Ultraschallkontrolle am offenen Thorax über eine Implantationsschleuse durch die freie rechtsventrikuläre Wand ein Schirm in den Ventrikelseptumdefekt platziert. Der Vorteil zur reinen Operation liegt in der Vermeidung der Herz-Lungen-Maschine und eines möglicherweise schwierigen Gefässzugangs bei sehr kleinen Kindern (4).

Abnormale Gefässkurzschlussverbindungen

Neben dem bekannten persistierenden Ductus arteriosus Botalli gibt es eine Reihe pathologischer Gefässverbindungen, wie zum Beispiel aortapulmonale Kollateralen, Koronarfisteln sowie chirurgisch ange-

legte Shuntverbindungen, die bei einer Korrekturoperation überflüssig werden. Diese Shuntverbindungen können zu einer kardialen Volumenbelastung und Unterhaltung einer pulmonalen Hypertonie beitragen und müssen verschlossen werden. Es ist heute eine etablierte Therapie, diese Verbindungen mit Coils oder speziellen Okkludern interventionell zu verschliessen.

Ballonatrioseptostomie (Rashkind-Manöver)

Bereits 1966 wurde das erste Rashkind-Manöver erstmalig durchgeführt (5) (Abbildung 5). Der Eingriff dient der Vorbereitung und Stabilisierung von Patienten mit Herzfehlern, die auf eine freie Kommunikation/Durchmischung des Blutes zwischen den beiden Vorhöfen angewiesen sind. Dabei wird ein leerer Ballon von venös durch den zu kleinen Defekt im Vorhofseptum in den linken Vorhof geschoben. Der Ballon wird dann mit Flüssigkeit gefüllt und mit einem kontrollierten Ruck durch das Vorhofseptum zurückgezogen (Ballonatrioseptostomie). Dabei kommt es zum Einreissen des Vorhofseptums und somit zu einem grösseren Defekt auf Vorhofebene, was eine bessere Durchmischung des arterialisierten sauerstoffreichen Blutes mit dem systemvenösen sauerstoffarmen Blut ermöglicht.

Diese Intervention ist vor allem bei zyanotischen Vitiern wie der Transposition der grossen Arterien notwendig. Bei der Trikuspidalatresie, der Pulmonalatresie sowie der totalen Lungenvenenfehlmündung wird hiermit der Blutabfluss des systemvenösen Blutes zum linken Ventrikel ermöglicht. Heutzutage ist das Rashkind-Manöver ein Routineeingriff, der direkt auf der Intensivstation unter alleiniger Ultraschallkontrolle durchgeführt wird, ohne Durchleuchtung. Die Patienten können so stabilisiert und nach einigen Tagen kontrolliert der erforderlichen Operation, zum Beispiel der Switch-Operation, zugeführt werden.

Pulmonalklappenstenose

Die katheterinterventionelle Ballondilatation einer Pulmonalklappenstenose ist heutzutage Therapie der Wahl (Abbildung 6). Als Therapieindikation gilt ein Spitzendruckgradient gemessen in der Dopplerechokardiografie von mehr als 70 mmHg bei asymptomatischen Patienten. Bei symptomatischen Patienten und bei kritisch kranken Neugeborenen wird die Dilatation bereits bei einem tieferen Druckgradienten durchgeführt. Bei reiner Pulmonalklappenstenose mit gut ausgebildetem Klappenring und ohne Klappen-

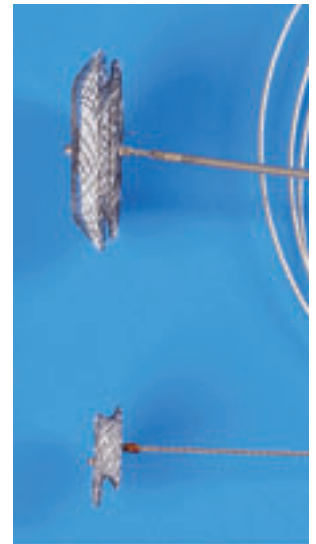


Abbildung 2: Amplatzer Septal Occluder™ (oben) zum Verschluss eines ASD II sowie Amplatzer Membranous VSD Occluder™ (unten) zum interventionellen Verschluss eines perimembranösen VSD.

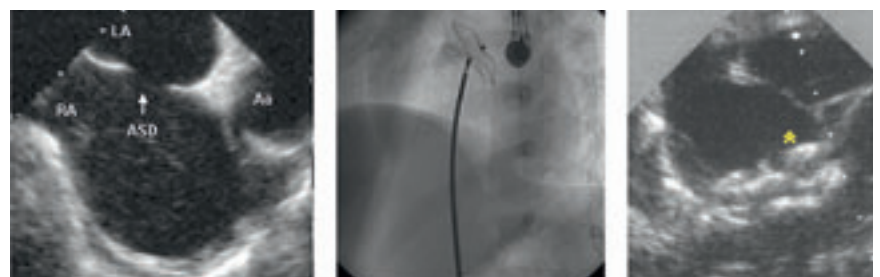


Abbildung 3: Transösophageale Echokardiografie zeigt ASD II (links), Verschlussdevice unter Durchleuchtung noch am Implantationsdraht bereits implantiert (Mitte), Device (*) nach Implantation und Ablösen vom Implantationsdraht (rechts).

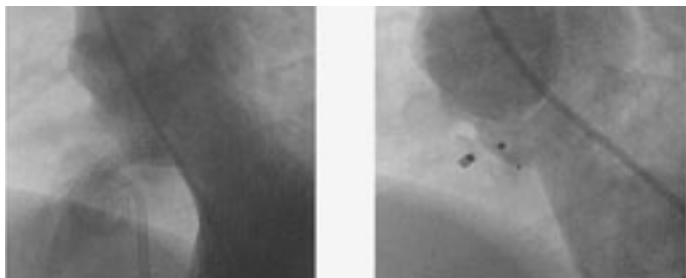


Abbildung 4: Angiografische Darstellung eines perimembranösen Ventrikelseptumdefekts unterhalb der Aortenklappe vor (links) und nach (rechts) Implantation eines asymmetrischen Amplatzer Membranous VSD Occluder™.

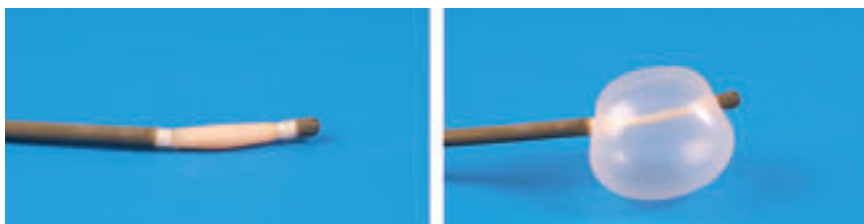


Abbildung 5: Rashkind-Ballonkatheter zur Ballonatrioseptostomie in ungefülltem (links) und gefülltem Zustand.

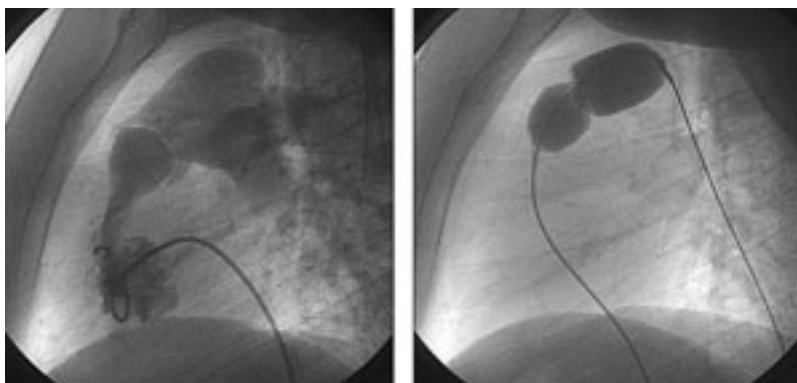


Abbildung 6: Ballonvalvuloplastie bei einem Neugeborenen mit schwerer Pulmonalstenose. In der lateralen Projektion angiografische Darstellung der Klappenstenose (links) und der Schnürfurche im Ballonkatheter bei der Dilatation (rechts).



Abbildung 7: Sogenannter Cutting-Balloon zur Ballonangioplastie therapieresistanter Pulmonalarterienstenosen.

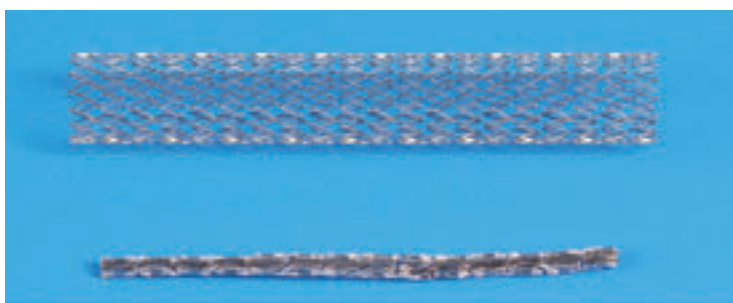


Abbildung 8: Stent in geöffnetem (oben) und zusammengedrücktem (unten) Zustand zur katheter-interventionellen Behandlung von Gefäßstenosen.

dysplasie sind die Ergebnisse sehr gut. Die Komplikationsrate sowie erneute Eingriffe bei Restenose sind sehr gering (< 15%). Allerdings kann es in seltenen Fällen nach Jahren zu einer relevanten Pulmonalinsuffizienz mit rechtsseitiger Volumenbelastung kommen (6).

Pulmonalarterienstenose

Pulmonalarterienstenosen treten isoliert oder im Rahmen von komplexen Vitien auf. Ebenso treten sie als narbige Verengungen nach chirurgischen Eingriffen auf. Im Gegensatz zur Pulmonalklappendilatation bringt eine alleinige Ballondilatation der Arterie gelegentlich nur einen kurzzeitigen Erfolg. Bei sehr restriktiven Stenosen kann die Dilatation mit einem sogenannten Cutting-Balloon helfen (Abbildung 7).

Hierbei wird während der Dilatation durch feine Klappen auf der Ballonhülle die Intima der Gefäßwand kontrolliert eingeschnitten, um diese anschliessend mit speziellen Hochdruckballonkathetern nachzudilatieren. Therapie der Wahl ist aber, wenn es die Grösse des Kindes zulässt, die Stentimplantation (Abbildung 8). Meist kommen ballonexpandierbare Stents zum Einsatz (Abbildung 9). Die im Kindesalter eingesetzten Stents müssen im weiteren Verlauf des Körperwachstums und Gefässwachstums nachdilatiert werden. Als Komplikation kann es im Verlauf durch die hohe mechanische Beanspruchung der Stents zu einer Stentfraktur kommen oder bei kleinem Gefässdurchmesser mit geringem oder turbulentem Blutfluss zum Einwachsen von Intima in den Stent mit nachfolgender Stenose. Thrombosierung oder embolische Komplikationen, die in der Erwachsenenmedizin bei Koronarstents häufig beobachtet werden, stellen in unserer Patientenpopulation kaum ein Problem dar. Ähnlich wie beim VSD gibt es zusätzlich die Möglichkeit eines Hybridverfahrens. Hierbei wird während einer Operation unter Sicht ein Pulmonalarterien-Stent eingesetzt, sodass auf eine operative Erweiterung einer chirurgisch schwer erreichbaren Stenose verzichtet werden kann (siehe Hybridverfahren unten).

Aortenklappenstenose

Wie bei der Pulmonalklappenstenose stellt die Ballondilatation der Aortenklappenstenose eine effektive Behandlung mit geringerer Invasivität als die Chirurgie dar. Voraussetzung für eine erfolgreiche Dilatation sind allerdings ein ausreichend weiter Klappenring und eine weitgehend kompetente Klappe ohne relevante Insuffizienz vor der Dilatation. Das Ziel bei der Dilatation der Aortenklappe ist es, den Druckgradienten auf ein mildes oder moderates Niveau zu senken. Anders als bei der Pulmonalklappe wird eine Aorteninsuffizienz mit konsekutiver Volumenbelastung des linken Ventrikels schlechter vertragen als auf der rechten Seite. Deshalb ist eine schonende und behutsame Dilatation erforderlich. Diese kann retrograd über die Aorta (Abbildung 10) oder auch antegrad von venös über das noch offene Foramen ovale beim Neugeborenen erfolgen.

Selten ist die alleinige Ballondilatation der Aortenklappe beim kritisch kranken Neugeborenen oder jungen Säugling kurativ. Sie ist aber meistens Therapie

der Wahl wegen der geringeren Invasivität. Allgemein gilt ein Aufschub der Operation um Jahre, wenn möglich in eine Zeit nach Abschluss des Körperwachstums, als Erfolg. Eine grosse retrospektive Studie, an der mehrere Zentren beteiligt waren, zeigte, dass bei über 1000 Patienten, bei denen eine Aortenklappenstenose interventionell behandelt wurde, nach 10 Jahren 50 Prozent der Kinder nicht an der dilatierten Klappe operiert worden waren (7).

Mitralklappenstenose

Angeborene Mitralklappenstenosen sind sehr selten und kommen meist im Rahmen von komplexen Vitien vor. Die Hauptindikation für eine katheterinvenventielle Ballonvalvuloplastie der Mitralklappe stellt die rheumatische Mitralklappenstenose dar, ein Krankheitsbild, das in Mitteleuropa nur selten vorkommt. Häufig können durch die Intervention chirurgische Eingriffe vermieden werden (8).

Aortenisthmusstenose

Die Ballondilatation der Aortenisthmusstenose stellt heute eine wichtige Therapieoption dar. Therapie der Wahl ist sie bei der nativen, zirkumskripten sowie bei der postchirurgischen Aortenisthmusstenose. Aufgrund der Gefässelastizität hat die Restenosierungsrate nach Dilatation ihr Maximum im frühen Säuglingsalter. Zudem liegt häufig ein hypoplastischer Bogen vor, sodass der chirurgischen Therapie für dieses Lebensalter der Vorzug zu geben ist. Komplikationen der Ballondilatation sind die seltene Aneurysmabildung nach tiefem Einriss der Gefässwand. Die Gefässruptur ist eine absolute Rarität.

Die Stenttherapie (Abbildung 9) hat gegenüber der reinen Ballondilatation den Vorteil, dass die Stenose praktisch ohne Restgradient aufgeweitet wird (9). Zudem ist das Dissektionsrisiko bei der Aufweitung mit Stent geringer als bei der alleinigen Ballondilatation. Nicht interventionell behandelbar sind Stenosen in Verbindung mit einem ausgeprägt hypoplastischen Aortenbogen sowie Restenosen nach Operationen, bei denen Interponate wie Goretex oder Dacron implantiert wurden.

Um Stents im Kindesalter einsetzen zu können, benötigt man kleine Stents, um sie über eine kleine Schleuse femoral zu implantieren. Andererseits müssen die Stents im Laufe des Lebens bei zunehmendem Körperwachstum mehrmals nachdilatiertbar sein bis zu einem Durchmesser im Erwachsenenalter von 18 bis 22 mm (10).

Neben der reinen Stentimplantation gewinnt zunehmend die Implantation von sogenannten «Covered Stents» an Bedeutung (11). Es handelt sich um Stents, welche mit einer Goretex-Membran umhüllt sind und somit nach der Implantation den mit dem Stent versorgten Gefässabschnitt abdichten. Beschichtete Stents werden vor allem bei subaortalen und sehr festen Stenosen eingesetzt, bei denen das Risiko einer Gefässruptur als höher angenommen wird.

Pulmonalklappenimplantation

Eine bahnbrechende Erweiterung der therapeutischen Möglichkeiten in den vergangenen Jahren ist

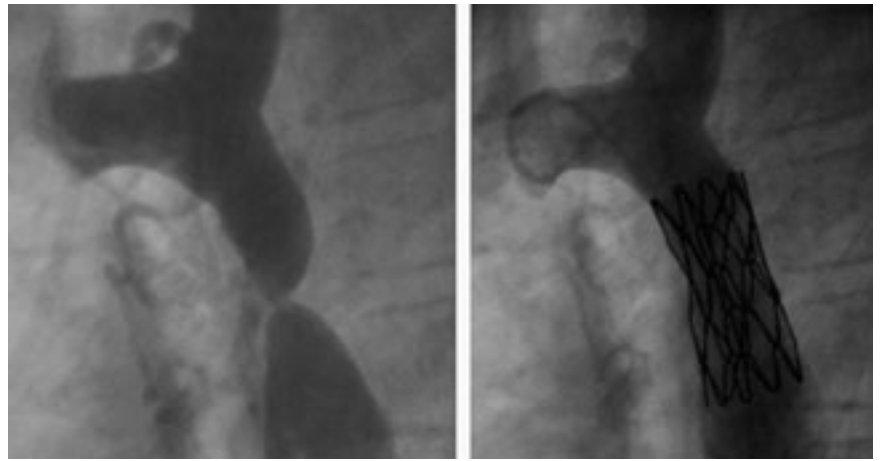


Abbildung 9: Angiografie (laterale Projektion) bei schwerer nativer subaortaler Aortenisthmusstenose bei einem 10-jährigen Jungen vor (links) und nach (rechts) Implantation eines Covered CP™ Stent.

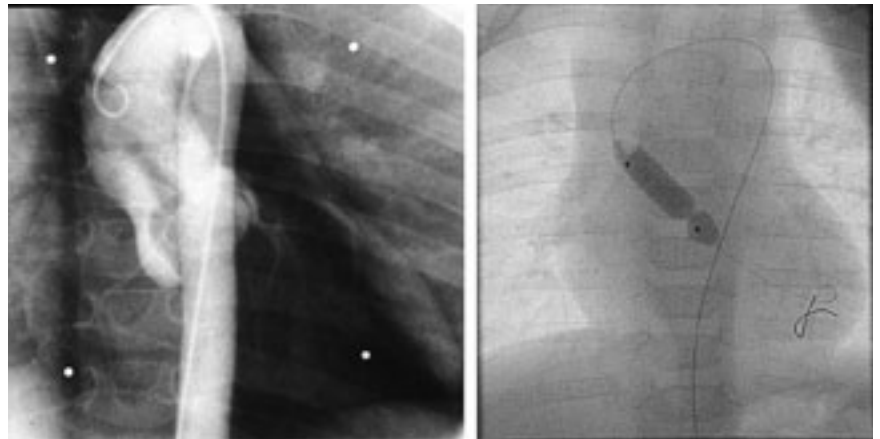


Abbildung 10: Angiografische Darstellung einer Aortenklappenstenose mit «Domstellung» der Klappe und poststenotischer Erweiterung der Aorta ascendens (links) und Darstellung der Schnürfurche im retrograd in die Klappe eingeführten Ballon (rechts).

der perkutane Klappenersatz mit einer sogenannten «Stented Valve». Im Gegensatz zu den Erwachsenen ist die Aortenklappenimplantation im Kindesalter keine Behandlungsoption. Dafür ersetzt der interventionelle Pulmonalklappenersatz immer häufiger eine operative Therapie (12). Ein interventioneller Pulmonalklappenersatz kann durchgeführt werden, wenn in Pulmonalisposition bereits ein Conduit oder eine biologische Klappe chirurgisch implantiert wurde. Dies ist bei Patienten der Fall, die bereits eine oder mehrere Operationen am rechtsventrikulären Ausflusstrakt hatten (z.B. Status nach Totalkorrektur einer Fallot-Tetralogie) mit im Verlauf postoperativer Stenose oder Insuffizienz. Eine Pulmonalklappenimplantation in den nativen rechtsventrikulären Ausflusstrakt ist derzeit noch nicht möglich.

Zurzeit stehen 2 Klappen zur Verfügung: Melody™ (Medtronic, USA) und Sapien™ (Edwards, USA). Die Melody™-Klappe (Abbildung 11), die seit September 2006 auf dem europäischen Markt zugelassen ist, besteht aus einer speziell präparierten Jugularvenenklappe des Rinds, die für den interventionellen Gebrauch in einen Stent eingenäht und über eine Einführschleuse auf einem Implantationsballon an ihre Position gebracht wird. Die Intervention kann ab einem Gewicht von 25 bis 30 Kilogramm durchgeführt werden. Am Kinderspital Zürich wurde im März 2007



Abbildung 11: Melody™-Klappe und Implantationsystem zur perkutanen Pulmonalklappenimplantation.

der erste perkutane Klappenersatz in der Schweiz durchgeführt. Bisher wurden bereits zirka 2000 Klappen weltweit eingesetzt. Die Segel der Sapien™-Klappe sind aus Rinderperikard geformt. Diese Klappe wurde bisher vor allem in Aortenposition bei Erwachsenen eingesetzt. Mit dem Einsatz in Pulmonalisposition und bei Kindern gibt es noch wenig Erfahrungen (ca. 200 Implantationen weltweit). Ihr Vorteil liegt vor allem in ihrem etwas grösseren Durchmesser im Vergleich zur Melody™-Klappe.

Hybridtherapie

Unter Hybridtherapie versteht man die Kombination aus Operation und Intervention. Sie wurde bereits kurz bei der Therapie des Ventrikelseptumdefekts und der Pulmonalarterienstenose erläutert (siehe oben). Heute spielt der Hybrideingriff auch eine wichtige Rolle bei der Behandlung von Kindern mit hypoplastischem Linksherzsyndrom. Er stellt eine Alternative zur Norwood-I-Operation dar. Der Vorteil eines Hybrideingriffes besteht darin, dass in der Neonatalperiode eine komplexe Operation an der Herz-Lungen-Maschine vermieden werden kann und diese dann erst im Alter von 4 bis 6 Monaten durchgeführt werden muss (13). Ziel ist es, mit diesem schonenderen Eingriff die potenziell schwer wiegenden Auswirkungen einer Herz-Lungen-Maschinen-Operation in der vulnerablen Neonatalperiode auf die intellektuelle und motorische Entwicklung der Kinder zu vermeiden. Hierbei wird katheterinterventionell (über einen chirurgisch gelegten Zugang am rechten Vorhof) ein Stent in den Ductus arteriosus Botalli implantiert und gleichzeitig operativ (ohne Herz-Lungen-Maschine) ein bilaterales Banding der Pulmonalarterien durchgeführt (siehe Beitrag zum hypoplastischen Linksherzsyndrom in diesem Heft).

Ein Blick in die Zukunft

Seit längerem wird auf dem Gebiet der Materialien geforscht, um insbesondere resorbierbare Materialien zu entwickeln, die nach der Implantation im Langzeitverlauf rückstandslos verschwinden. Erste Ansätze gibt es bereits bei Stents und Okkludern, allerdings werden diese noch nicht im Alltag eingesetzt. Darüber hinaus wird man weiter versuchen, operative Eingriffe durch weniger invasive Katheterinterventionen oder Hybrideingriffe, wie zum Beispiel beim hypoplastischen Linksherzsyndrom, zu ersetzen. Ebenso ist es ein wichtiges Ziel, mithilfe neuer Bildgebungsmöglichkeiten während der Interventionen (z.B. Eingriffe unter MRI oder Echokardiografie) Röntgenstrahlung einzusparen und so die Patienten schonender, ohne Strahlenbelastung zu behandeln.

Schlussfolgerung

Seit der Erstbeschreibung eines interventionellen Eingriffes, der Ballonatrioseptektomie nach Rashkind

1966, sind enorme Fortschritte auf dem Gebiet der interventionellen Kardiologie gemacht worden. Viele einfache angeborene Herzfehler sind heute rein interventionell behandelbar und benötigen keine Operation mehr.

Bei komplexen angeborenen Herzfehlern wird die Katheterintervention als Ergänzung zur Operation benötigt, in der Diagnostik wie auch in der Therapie. In Zukunft werden sicher noch weitere operative Schritte durch Katheterinterventionen ersetzt oder ergänzt werden können. Die entscheidende Frage ist dabei aber nicht, was alles interventionell behandelt werden kann, sondern welches Vorgehen (Operation oder Intervention oder beides kombiniert) das beste Langzeitergebnis für die Patienten verspricht. Anhand dieser Erkenntnisse muss den Patienten eine entsprechende Therapie angeboten werden.

Korrespondenzadresse:

PD Dr. med. Oliver Kretschmar
Leitender Arzt Kinderkardiologie
Universitätskinderklinik Zürich
Steinwiesstr. 75, 8032 Zürich
E-Mail: oliver.kretschmar@kispi.usz.ch

Literatur:

1. Fischer G, Stieh J, Uebing A, Hoffmann U, Morf G, Kramer HH. Experience with transcatheter closure of secundum atrial septal defects using the Amplatzer septal occluder: a single centre study in 236 consecutive patients. *Heart* 2003; 89: 199–204.
2. Ewert P, Kretschmar O, Peters B et al. [Transcatheter closure of congenital ventricular septal defects]. *Z Kardiologie* 2004; 93: 147–155.
3. Carminati M, Butera G, Chessa M et al. Transcatheter closure of congenital ventricular septal defects: results of the European Registry. *Eur Heart J* 2007; 28: 2361–2368.
4. Michel-Behnke I, Ewert P, Koch A et al. Device closure of ventricular septal defects by hybrid procedures: A multicenter retrospective study. *Catheter Cardiovasc Interv* 2011; 77: 242–251.
5. Rashkind WJ, Miller WW. Creation of an atrial septal defect without thoracotomy. A palliative approach to complete transposition of the great arteries. *JAMA* 1966; 196: 991–992.
6. Harrild DM, Powell AJ, Tran TX et al. Long-term pulmonary regurgitation following balloon valvuloplasty for pulmonary stenosis risk factors and relationship to exercise capacity and ventricular volume and function. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55: 1041–1047.
7. Ewert P, Bertram H, Breuer J et al. Balloon valvuloplasty in the treatment of congenital aortic valve stenosis – A retrospective multicenter survey of more than 1000 patients. *Int J Cardiol* 2010; Feb [Epub ahead of print].
8. Arora R, Mukhopadhyay S, Yusuf J, Trehan V. Technique, results, and follow-up of interventional treatment of rheumatic mitral stenosis in children. *Cardiol Young* 2007; 17: 3–11.
9. Fruh S, Knirsch W, Dodge-Khatami A, Dave H, Pretre R, Kretschmar O: Comparison of surgical and interventional therapy of native and recurrent aortic coarctation regarding different age groups during childhood. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010; [Epub ahead of print].
10. Ewert P, Peters B, Nagdyman N, Miera O, Kuhne T, Berger F. Early and mid-term results with the Growth Stent – a possible concept for transcatheter treatment of aortic coarctation from infancy to adulthood by stent implantation? *Catheter Cardiovasc Interv* 2008; 71: 120–126.
11. Ewert P, Abdul-Khalik H, Peters B, Nagdyman N, Schubert S, Lange PE. Transcatheter therapy of long extreme subaortic aortic coarctations with covered stents. *Catheter Cardiovasc Interv* 2004; 63: 236–239.
12. Lurz P, Coats L, Khambadkone S et al. Percutaneous pulmonary valve implantation: impact of evolving technology and learning curve on clinical outcome. *Circulation* 2008; 117: 1964–1972.
13. Galantowicz M, Cheatham JP, Phillips A et al. Hybrid approach for hypoplastic left heart syndrome: intermediate results after the learning curve. *Ann Thorac Surg* 2008; 85: 2063–2070; discussion 2070–2071.